



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ Übersetzung der
europäischen Patentschrift

⑧7 EP 0532 216 B1

⑩ **DE 692 04 000 T 2**

⑤1 Int. Cl.⁸:
G 01 M 15/00
G 01 N 21/35
G 01 N 1/22

②1 Deutsches Aktenzeichen: 692 04 000.5
⑧6 Europäisches Aktenzeichen: 92 307 934.7
⑧6 Europäischer Anmeldetag: 1. 9. 92
⑧7 Erstveröffentlichung durch das EPA: 17. 3. 93
⑧7 Veröffentlichungstag
der Patenterteilung beim EPA: 9. 8. 95
④7 Veröffentlichungstag im Patentblatt: 18. 1. 96

③0 Unionspriorität: ③2 ③3 ③1

09.09.91 US 756701

⑦3 Patentinhaber:

Ford-Werke AG, 50735 Köln, DE

⑦4 Vertreter:

Ritzkowsky, H., Dipl.-Ing., 50769 Köln

⑧4 Benannte Vertragsstaaten:

AT, BE, DE, FR, GB, IT

⑦2 Erfinder:

Butler, James William, Dearborn Heights, Michigan
48127, US; Colvin, Alex David, Oak Park, Michigan
48237, US; Korniski, Thomas John, Livonia, Michigan
48154, US

⑤4 Direkte Abgasprobennahme für momentane Messungen.

2

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patentamt inhaltlich nicht geprüft.

DE 692 04 000 T 2

DE 692 04 000 T 2

Diese Erfindung betrifft ein Verfahren und die entsprechende Vorrichtung zur Analyse von Abgasen in Echtzeit.

5 Bis vor kurzem ist nicht versucht worden, Auspuffabgase in Echtzeit zu analysieren, da eine solche Analyse nicht durchführbar schien. Moderne Verfahren der Abgasanalyse umfaßten in der Regel Chemilumineszenz-, Flammenionisations- und Gesamtkohlenwasserstoffanalyse oder
10 die Analyse von Feststoffen oder Flüssigkeiten außerhalb des Flusses der Abgase.

 Diese Verfahren haben sich aus den folgenden Gründen als uneffektiv erwiesen: (a) die Analyse umfaßt meist lediglich eine einzelne Komponente; (b) sie benötigt zuviel Zeit, zuweilen Wochen; (c) die Daten der einzelnen
15 Komponenten weisen keine einheitliche Antwortzeit auf und können somit nicht auf einfache Weise miteinander in Verbindung gesetzt werden; (d) die erfaßten Daten unterliegen Störeinflüssen der zugesetzten Chemikalien; und (e) einige gasförmige Komponenten können nicht analysiert werden.
20

 Seit kurzem wird die Infrarot-Spektroskopie nicht mehr nur im Bereich der Qualitätskontrolle eingesetzt, sondern auch auf ein Verfahren der Gasanalyse in U.S.-

Patentschrift 4.928.015 übertragen. Diese erstmalige Anwendung der Fourier-Transformations-, infrarot-spektrometrischen Verfahren bei der Analyse von Motorabgasen erforderten es, daß die Abgasstromproben in immer
5 konstantem Volumen vorlagen und daß der Gasfluß verdünnt werden mußte, um das Problem der hohen Wasserkonzentration in Abgasen zu eliminieren. Die Probe wird verdünnt, um die Kondensationstemperatur der Probe herabzusetzen. Auf diese Weise ist es nicht mehr
10 notwendig, den gesamten Strom bei einer sehr hohen Temperatur zu halten, was mit großen Schwierigkeiten verbunden ist, sowie das Wasser aus der Probe zu entfernen, was noch schwieriger ist, weil dabei die Gefahr besteht, daß einige Bestandteile verloren werden, welches die Genauigkeit der Messung beeinträchtigen
15 würde. Oben erwähnte Patentschrift bedeutet zwar eine deutliche Verbesserung moderner Verfahren, sieht aber keine direkte Messung der Massenemissionsrate vor, da das Verfahren den Abgasmassenfluß nicht benötigt.

20 Ziel der vorliegenden Erfindung ist, die sofortige Entnahme von Proben eines Teils der Auspuffgase zu ermöglichen, ohne dabei entweder diese zu erwärmen oder Wasser zu kondensieren, zur Analyse der Motorabgase in Echtzeit; dies ist mit modernen Verfahren bisher nicht möglich.
25

Diese Erfindung stellt, unter einem ersten Aspekt betrachtet, ein verbessertes Verfahren für die Durchführung einer Gas-Analyse eines aus mehreren Bestandteilen zusammengesetzten Abgasflusses in Echtzeit vor.
30 Ein solches Verfahren umfaßt in der Hauptsache: (a) das kontinuierliche Ableiten eines ersten Probeflusses aus dem Abgasfluß sowie die Regulierung des Drucks dieses ersten Probeflusses; (b) das Ableiten eines zweiten Probeflusses von dem regulierten Fluß, wobei
35 der zweite Fluß mit einer massenkontrollierten Menge eines Verdünners verdünnt wird, um auf diese Weise die Kondensationstemperatur des zweiten Probeflusses auf unterhalb Raumtemperatur zu senken; (c) die Regelung

des absoluten Drucks der verdünnten Probe innerhalb eines Bereichs von 920-950 mbar; (d) die häufige periodische Analyse des verdünnten Flusses, welcher druckgeregelt ist, mittels Fourier Transformations-, infrarot-spektralverfahren, um eine Konzentrationsmessung für jede gewünschte Gasart zu erhalten; und (e) die Korrektur jeder Konzentrationsmessung, welche die Verdünnung berücksichtigt, um die entsprechende Konzentrationsmessung der unverdünnten Auspuffabgase abzuleiten, wobei genannte Korrektur dadurch erzielt wird, daß das tatsächliche Luft/Kraftstoff-Verhältnis des Gasemmissionsstroms gemessen wird, um den Wert der theoretischen Kohlenstoffkonzentration in dem unverdünnten Auspuffgas zu erhalten, woran anschließend die gesamte theoretische Kohlenstoffkonzentration in Relation zu der gemessenen Kohlenstoffkonzentration in der Probe gesetzt wird, wodurch der notwendige Korrekturfaktor ermittelt werden kann.

Der Schritt der Ableitung wird vorzugsweise mit Hilfe einer Vakuumpumpe durchgeführt, wenn die Probe einen Druck aufweist, der unterhalb des atmosphärischen Drucks liegt, bzw. ohne Pumpe, wenn der Druck der Probe höher ist als 35 mbar. Wird eine Pumpe eingesetzt, so wird sie im Fluß unterhalb der Analyseposition angeordnet und so eingestellt, daß ein regulierter Entnahmedruck von etwa 17 mbar gewährleistet ist. Als Verdünner kommen Stickstoff oder Luft zum Einsatz, welche unter Raumtemperatur zugeführt und deren Massenfluß auf etwa 30 l/min reguliert wird. Der Druck innerhalb des Analysestroms wird durch den Vergleich eines erfaßten Drucks des Emissionsflusses mit einem Signal geregelt, welches den gewünschten Referenzdruck darstellt, und durch anschließendes Anwenden des Unterschiedes zwischen diesen Drücken als Indikator, um den Fluß entsprechend des gewünschten Drucks anzupassen.

Der zweite Aspekt dieser Erfindung besteht in einer Vorrichtung zur Durchführung einer Gasanalyse eines

aus mehreren Komponenten zusammengesetzten Auspuffgasflusses. Diese Vorrichtung umfaßt: (a) eine Einrichtung zur Abführung eines ersten Probeflusses aus dem Auspuffgasfluß und zur Regulierung des Drucks des ersten Probeflusses, sowie zur Abführung eines zweiten Probeflusses aus dem ersten, regulierten Probefluß, wobei der zweite Probefluß mit einer massekontrollierter Menge eines Verdünners verdünnt wird, um die Kondensationstemperatur des zweiten Probeflusses auf unterhalb Raumtemperatur zu senken; (b) eine Einrichtung zur Regelung des Drucks des verdünnten Probeströms auf ein Niveau von weniger als 950 mbar; (c) eine FTIR spektrometrische Einrichtung zum Messen der Konzentration jeder gewünschten Gasart innerhalb des Emissionsstroms; sowie (d) eine Einrichtung zur Korrektur der Konzentrationsmessung, welche die Verdünnung berücksichtigt, um auf diese Weise einen Wert für eine unverdünnte Konzentration abzuleiten, der den tatsächlichen Auspuffabgasen entspricht, wobei genannte Korrektur durch Einsatz einer Einrichtung zur Messung des tatsächlichen Luft/Kraftstoff-Verhältnisses des Gasemissionsstroms erzielt wird, um auf diese Weise den Wert der theoretischen Kohlenstoffkonzentration in dem unverdünnten Auspuffgas zu erhalten, und durch anschließendes in-Relation-setzen des gesamten theoretischen Gesamtkohlenstoffgehalts zum gemessenen Kohlenstoffgehalt in der jeweiligen Probe, wodurch der notwendige Korrekturfaktor ermittelt wird.

Vorzugsweise umfaßt die Einrichtung zur Ableitung eines druckregulierten ersten Probeflusses einen Druckregler, der mit Hilfe einer Pumpe arbeitet, wenn der Druck im Probefluß unterhalb 35 mbar liegt, bzw. ohne Pumpe, wenn der Druck des ersten Probeflusses mehr als 35 mbar beträgt.

Die Einrichtung zum Ableiten des zweiten Probeflusses aus dem ersten regulierten Probefluß besteht vorzugsweise aus einer Probeleitung mit einem Innendurchmesser von 15 - 23 mm und einer Länge von 10 - 15 cm.

Der Verdünner wird von einer Stickstoff- bzw. Luftquelle mittels einer Massenflußregelung zugeführt. Die Einrichtung zum Abführen kann außerdem einen Rußfilter und/oder ein abgasdruckgeregeltes Ventil zur Regelung des ersten Probeflusses umfassen (unverdünnter Abgasdruck).

Die Einrichtung zur Druckregelung beinhaltet vorzugsweise eine Meßeinrichtung für den absoluten Druck, welche mit einem Mikroschalter und einem Ventilregelstromkreis ausgerüstet ist, wobei durch letzteren die Flußregelung bewirkt wird.

Die Einrichtung zur Korrektur der Konzentrationsmessung umfaßt einen Luft/Kraftstoff-Analysator, der innerhalb einer Kapillarströmung des Gasemissionsflusses angeordnet ist und welcher zur Durchführung der mathematischen Berechnungen bezüglich des Kohlenstoffverhältnisses und anschließender eventueller Korrekturen elektronisch mit einem Computer verbunden ist.

Im folgenden wird die Erfindung ausführlich anhand von Beispielen und unter Bezugnahme auf beigefügte Zeichnungen beschrieben, wobei:

Figur 1 ein Flußdiagramm darstellt, welches die einzelnen Schritte des erfindungsgemäßen Verfahrens verdeutlicht;

Figur 2 ein Blockdiagramm der Vorrichtung dieser Erfindung darstellt; und

Figur 3 ein schematisches Diagramm des Schaltkreises darstellt, welcher den absoluten Druck des Probeflusses erfaßt und regelt.

Wie in Figur 1 zu sehen, bestehen die Ablaufschritte im wesentlichen aus dem Ableiten eines ersten Probeflusses von den Motorabgasen und dem Regulieren eines solchen Flusses auf einen vorbestimmten Druckbereich, aus dem Ableiten eines zweiten Probeflusses von dem ersten Probefluß, wobei der zweite Fluß aber verdünnt und unabhängig in Bezug auf Temperatur und Druck geregelt wird, aus der Analyse des zweiten Probeflusses

mittels FTIR-Verfahren, um eine bestimmte Konzentration für jede Gasart zu bewirken, sowie aus der genauen und einfachen Korrektur der Konzentration hinsichtlich des Verdünnungseffekts.

5 Das Ableiten eines druckregulierten ersten Probe-
flusses wird dadurch erreicht, daß eine sich im Fluß
befindliche Probe durch eine Verbindung eingezogen
wird, wobei die Probe etwa 5-8% des Abgasvolumens aus-
macht und der erste Fluß mechanisch geregelt wird. Das
10 Ableiten eines kleinen zweiten Flusses geschieht durch
eine enge Leitung, welche <5% des Abgasvolumens ablei-
tet, wobei davon ausgegangen wird, daß der Einlaßdruck
an der Leitung im Bereich zwischen -7 und +35 mbar
liegt. Das Verdünnergas wird in die enge Leitung ein-
15 geführt, innerhalb welcher es unabhängig bei einem
Druck von 920 - 950 mbar vorzugsweise aber 933 mbar
und einem stetigen Massenfluß (wie etwa 30 l/m) gehalten
wird, um auf diese Weise chemische Störeinflüsse
in dem folgenden Analyseschritt zu vermeiden. Der Teil
20 des Probeentnahmesystems und die Leitungen, der bzw.
die den Emissionsfluß vor der Verdünnung aufnimmt bzw.
aufnehmen, sollte so geschützt sein, daß Kondensation
von Wasser vermieden wird; dieses kann durch Isolierung
oder geringe Erwärmung erreicht werden, damit
25 eine hohe Temperatur der Auspuffgase beibehalten werden
kann, die wenigstens 75°C betragen sollte. In der
Praxis sollte die Temperatur auf etwa 20°C gesenkt
werden, so daß die Kondensationstemperatur zwischen
16°C und 18°C liegt. Der Druck des Probestromes wird
30 vorzugsweise auf etwa 933 mbar reguliert; dieser Druck
ist wünschenswert, um einen direkten Vergleich zu den
Referenzspektren zu haben, die zuvor mittels FTIR
ebenfalls bei einem Druck von etwa 933 mbar bestimmt
wurden.

35 Die Analyse des Probegasflusses wird mit FTIR-spek-
trometrischen Verfahren durchgeführt wie in der U.S.-
Patentschrift 4.928.015 offenbart, wobei genannte

Offenbarung durch Bezugnahme in diese Patentschrift aufgenommen wird.

Die Korrektur wird durch die Festlegung des Verdünnungsfaktors erreicht. Dieser Verdünnungsfaktor wird
 5 abgeleitet von dem Verhältnis der erwarteten Gesamtkohlenstoffkonzentration und der gemessenen Gesamtkohlenstoffkonzentration in der verdünnten Probe. Die erwartete Gesamtkohlenstoffkonzentration stellt eine
 10 Funktion der Kraftstoffart und des Luft/Kraftstoffgemisches des Motors dar. Das Luft/Kraftstoffgemisch kann kontinuierlich mittels eines einfachen Luft/-Kraftstoffgemisch-Analysators gemessen werden, wie in
 15 der U.S.- Patentschrift 4.389.881 offenbart, wobei genannte Offenbarung durch Bezugnahme in diese Patentschrift aufgenommen wird, und die theoretische Gesamtkohlenstoffkonzentration wird berechnet. Da mittels
 20 der FTIR-Analyse gleichzeitig die Konzentration von CO₂, CO und Kohlenwasserstoffen gemessen wird, steht die Gesamtkohlenstoffkonzentration im wesentlichen jederzeit sofort zur Verfügung. Die gemessene Gesamtkohlenstoffkonzentration wird dann mit der theoretischen Gesamtkohlenstoffkonzentration verglichen, und anschließend wird der Verdünnungsfaktor berechnet. Die
 25 Berechnung erlaubt die Bestimmung des effektiven Verdünnungsfaktors basierend auf dem gemessenen Luft/-Kraftstoffverhältnis.

Im einzelnen wird der Verdünnungsfaktor wie folgt berechnet: Ein Luft/Kraftstoff-Analysator liefert eine
 30 analoge Ausgabe, die proportional zum Sauerstoffanteil im Auspuffgas ist. Dieses Signal wird für jede Probe digitalisiert und Lambda (λ) wird wie folgt berechnet:

mageres Gemisch,

$$\lambda = \frac{1 + F\left(\frac{N+2P}{4+N-2P}\right)}{1 - F\left(\frac{0.79}{0.21}\right)}$$

fettes Gemisch,

$$\lambda = \frac{1 + F \frac{(4+2N-2P)}{(4+N-2P)}}{1 - F \left(\frac{0,79}{0,21} \right)}$$

5

Wobei F den Sauerstoffanteil bezeichnet, N das Wasserstoff/Kohlenstoffverhältnis und P das Sauerstoff/Kohlenstoffverhältnis. Sobald λ bestimmt ist, kann die umgekehrte Kohlenstoffkonzentration (das Verhältnis der Auspuffmole zu den Kohlenstoffmolen) wie folgt berechnet werden:

10

mageres Gemisch,

$$(C_{theo})^{-1} = \frac{\lambda}{0,21} \left(1 + \frac{N}{4} - \frac{P}{2} \right) + \frac{N}{4} + \frac{P}{2} + \frac{2}{3}X + 0,535Y$$

15

fettes Gemisch,

$$(C_{theo})^{-1} = 1 + \frac{N}{2} + \lambda \left(\frac{0,79}{0,21} \right) \left(1 + \frac{N}{4} - \frac{P}{2} \right) - 0,93Y \quad (4)$$

20

Mit einer Anzahl X von CO-Molen und der Anzahl Y von $CH_{1,86}$ Molen.

Der Verdünnungsfaktor wird folgendermaßen bestimmt:

$$D = \frac{1}{(C_{theo})^{-1} \times C_{Meas}}$$

25

Wobei C_{Meas} den gemessenen Gesamtkohlenstoff bezeichnet. Dieser Faktor wird anschließend auf alle gemessenen Konzentrationen angewandt.

30

Üblicherweise wird zunächst ein Näherungswert für D bestimmt, indem $(C_{theo})^{-1}$ unter Einsetzung von 0 für X und Y berechnet wird. Der Näherungswert für den Verdünnungsfaktor wird dann auf die CO- und Kohlenwasserstoffkonzentrationen angewendet und $(C_{theo})^{-1}$ zusammen mit dem Verdünnungsfaktor neu berechnet. Dieser korrigierte Verdünnungsfaktor wird für die Abschlußberechnungen eingesetzt. Die Korrektur für Kohlenwasserstoffanteile kann dabei relativ gering ausfallen. Zum Beispiel: Bei M85 Kraftstoff ($N=3,406$; $P=0,724$) und $\lambda=1$ ergibt die Berechnung der Gleichung 4 mit $Y=0$ (d.h. kein Kohlenwasserstoff) $(C_{theo})^{-1} = 8,306$. Wenn die

35

Gesamtkohlenwasserstoffkonzentration bei 5000 ppm liegt, ergibt 0,93Y den Wert 0,0047. Das bedeutet, daß eine Vernachlässigung des Kohlenwasserstoffanteils in diesem Falle eine Abweichung von 0,06% nach sich zieht.

Die verbesserte Vorrichtung dieser Erfindung ermöglicht eine Gasanalyse einer aus mehreren Bestandteilen zusammengesetzten gasförmigen Emission in Echtzeit. Wie in Figur 2 gezeigt, besteht die Vorrichtung im wesentlichen aus: Einrichtung 10 zur Ableitung eines ersten Probeflusses 12 aus Motorabgasfluß 9, der von Verbrennungsmotor 13 ausgestoßen wird, und aus zweitem Probefluß 11 aus erstem Probefluß, wobei zweiter Probefluß 11 mit massekontrollierten Verdünner 14 verdünnt wird, um den Kondensationspunkt des zweiten Probeflusses auf eine Temperatur unterhalb der Raumtemperatur abzusenken; Einrichtung 15 zur Regelung des absoluten Drucks des verdünnten zweiten Probeflusses innerhalb eines Bereichs von 920-950 mbar; FTIR- spektrometrische Einrichtung 16, welche zur Messung der Konzentration jeder Gasart in genanntem zweiten Probefluß 11 dient; und Einrichtung 17 zur Korrektur der Konzentrationsmessung unter Berücksichtigung der Verdünnung, um einen entsprechenden Meßwert einer unverdünnten Konzentration des tatsächlichen Auspuffgases abzuleiten. Ableitungseinrichtung 10 umfaßt Probeleitung 18, welche einen Innendurchmesser von 15 - 23 mm, vorzugsweise aber 18 mm aufweisen kann sowie eine Länge von 10 - 15 cm, vorzugsweise aber 13cm. Genannte Kapillarleitung 18 kann mit Silberlot in einer Leitung aus rostfreiem Stahl (nicht im Bild) befestigt werden, die in das Auspuffrohr eingeführt wird. Probeleitung 18 weist einen verengten Einlaßbereich bei 19 auf und wird isoliert bzw. leicht erwärmt, abhängig von der Entfernung zu Auspuffkrümmer 20 des Motors und der Temperatur der Auspuffgase. Das Mindestmaß an Erwärmung ist ebenso gültig für alle zusätzlichen Bestandteile des Probesystems im weiteren Verlauf der Probe-

leitung einschließlich und durch Verdünnergas-Misch-
zone 21, wie nachfolgend beschrieben wird. Der Probe-
fluß wird mit unter Druck stehendem Verdünnergas 14
verdünnt, welches innerhalb Probeflußleitung 21 (vor-
zugsweise im Bereich der T-förmigen Verzweigung) zuge-
mischt wird, in der Größenordnung von etwa 30l/min.
Das Verdünnergas ist entweder Trockenstickstoff oder
Luft, dessen Fluß mittels Massenflußregelung 23 gere-
gelt wird. Das Verdünnergas 14 sollte sich in konti-
nuierlichem, stetigen Fluß befinden, so daß Störungen
der Analyse vermieden werden; daher der Bedarf für
eine Massenflußregelung. Die Verdünnung der Abgase
bewirkt, daß alle gasförmigen Bestandteile der Abgase
bei Raumtemperatur bleiben, so daß weder Kondensation
auftritt noch weitere Erwärmung im Verlauf des Flusses
hinter dem Punkt der Verdünnung notwendig ist. Der
verdünnte zweite Probefluß kann vorzugsweise mittels
Filtermembrans 24 gefiltert werden (beispielsweise
eine 142mm Pallflex Typ 2500QA0 Gewebequarz Membran
mit Trägermaterial, welches sich in einem Behälter aus
rostfreiem Stahl bei Raumtemperatur befindet. Nach der
Filtrierung kann der Probefluß zu FTIR-Einrichtung 16
geführt werden. Neben dem Einlaß zum zweiten Probefluß
11 kann abgasdruckgeregelte Regulierungseinrichtung 25
verwendet werden, um den Druck im ersten Probefluß 12
zu regeln. Genannte Druckregulierung kann im Bereich
von -7 bis +35 mbar liegen. Der optimale Abgasdruck
für den ersten Test liegt bei etwa 18 mbar. Ein Ab-
gasdruck von 18 mbar bewirkt ein Verdünnungsverhältnis
von 8,4 : 1 der Abgase bei einem 30l/min Verdünnungs-
fluß und eine Kondensationstemperatur von etwa 17°C.
Diese Bedingungen erlauben einen kontinuierlichen
Zeitraum von 8 Stunden FTIR-Analysen. Ein Abgasdruck
von 35 mbar hat jedoch ein Verdünnungsverhältnis von
7,2 : 1 bei einem 30l/min Verdünnungsfluß und eine
Kondensationstemperatur von 20°C zur Folge. Ein zu
hoher Motorabgasdruck hat demnach eine unzureichende
Verdünnung der Abgase zur Folge sowie mögliche Konden-

sation in der FTIR-Einrichtung, welche die optische Meßzelle beschädigen und zu ungenauen Meßergebnissen führen kann. Der Wirkung eines zu hohen Abgasdrucks arbeitet Regulierungseinrichtung 25 entgegen, so daß innerhalb eines weiten Motorabgasdruck-Bereichs gemessen werden kann. Einrichtung 15 zur Regelung des Drucks des verdünnten zweiten Probeflusses umfaßt Drucksensor 26 und Ventilregelschaltkreis 27, welcher das Signal des Drucksensors dazu verwendet, Flußregelung 28 zu betätigen. Ventilregelkreis 27 wird in Figur 3 detaillierter dargestellt. Er wird dazu eingesetzt, den absoluten Druck der verdünnten Probe für die FTIR-Einrichtung zu regeln. Der von absolutem Druckmesser oder Drucksensor 29 gemessene Druck wird mit einem Referenzsignal verglichen, das dem gewünschten Druck entspricht. Absoluter Druckmesser 29 bzw. dessen Ausgabesignal wird abgeglichen und verstärkt von Verstärker 30, so daß die Ausgabe des Verstärkers sich auf etwa 0,01 Volt/mbar beläuft. Das Drucksignal von Verstärker 30 wird durch 10 dividiert und auf digitalem Voltmeter 31 angezeigt. Ein Referenzsignal von Signalgenerator 32 wird gleich- und in der Polarität dem Drucksignal des Verstärkers 30 bei Nullkondition entgegengesetzt. Anschließend wird zweiter Verstärker 31 als verstärkender Integrator für den Betrieb von Transistor 32 verwendet, welcher Spule 33 von Regelung 28 mit Strom versorgt. Das lineare Regelventil von Regelung 28 befindet sich zwischen FTIR-Zelle 16 und Vakuumpumpe 35. Das Ventil von Regelung 28 wird von Schaltkreis 27 geregelt, um den erfaßten Druck in FTIR-Zelle 16a auf einem vorgegebenen Wert zu halten, wie etwa 933 mbar. Auf diese Weise wird der von dem absoluten Druckmesser gemessene Druck mit einem Referenzsignal verglichen, welches dem gewünschten Druck entspricht. Ein herkömmlicher durch Feedback gesteuerter Verstärker liefert das Ventilregelungssignal basierend auf der Differenz zwischen dem Drucksignal und dem gewünschten-Druck-Referenzsignal. Auf diese Weise

reguliert die Ventilregelung den Probefluß zu Vakuumpumpe 35, um den gewünschten Probedruck zu erreichen. Die Analyse wird mittels einer FTIR-Einrichtung durchgeführt, wie sie in U.S. Patentschrift 4. 928.015 offenbart wird. Einrichtung 17 zur Korrektur der Konzentrationsmessungen umfaßt Luft/Kraftstoff-Analysegerät 40 und Computer 41. Der Verdünnungsfaktor wird aus dem Verhältnis der erwarteten Gesamtkohlenstoffkonzentration zu der gemessenen Gesamtkohlenstoffkonzentration in der verdünnten Probe festgestellt. Die erwartete Gesamtkohlenstoffkonzentration ist eine Funktion des Kraftstofftyps im Luft/Kraftstoffverhältnis des Motors. Das Luft/Kraftstoffverhältnis wird mittels Luft/Kraftstoffanalysator 40 kontinuierlich gemessen, welcher einen Probefluß aus dem Hauptabgasfluß durch Kapillarleitung 42 entnimmt. Die theoretische Kohlenstoffkonzentration wird von dem Computer und simultanen FTIR-Messungen für CO₂, CO und Kohlenwasserstoffe berechnet (wie bereits beschrieben). Die Gesamtkohlenstoffkonzentration der verdünnten Probe ist auf diese Weise innerhalb von 3-Sekunden Zyklen jederzeit verfügbar. Die gemessene Gesamtkohlenstoffkonzentration wird mit der theoretischen Gesamtkohlenstoffkonzentration verglichen und der Verdünnungsfaktor berechnet. Die Berechnung erlaubt es, den effektiven Verdünnungsfaktor basierend auf dem gemessenen Luft/Kraftstoffverhältnis zu bestimmen.

ANSPRÜCHE

1. Verfahren zur Analyse eines aus mehreren Bestandteilen zusammengesetzten Abgasflusses in Echtzeit, welches besteht aus:

5

(a) kontinuierliches Ableiten eines ersten Probeflusses von genanntem Abgasfluß und das Regulieren des Drucks der ersten Probeflusses;

10

(b) kontinuierliches Ableiten eines zweiten Probeflusses von genanntem ersten Probefluß, wobei genannte zweiter Probefluß durch eine massekontrollierte Menge eines Verdünners verdünnt wird, um die Kondensationstemperatur des zweiten Probeflusses auf unterhalb Raumtemperatur zu senken;

15

(c) Regelung des absoluten Drucks des genannten verdünnten Probeflusses innerhalb eines Bereiches von 920-950 mbar;

20

(d) wiederholte periodische Analyse des verdünnten Probeflusses, dessen Druck geregelt wird, mittels Fourier-Transformations-, infrarot-spektrometrischer Verfahren, um eine Konzentrationsmessung für jede gewünschte Gasart zu erhalten; und

25

(e) Korrektur genannter Konzentrationsmessung, welche die Verdünnung berücksichtigt, um einen Wert abzuleiten, der einer unverdünnten Konzentrationsmessung entspricht, wobei genannte Korrektur dadurch erzielt wird, daß das tatsächliche Luft/Kraftstoff-Verhältnis gemessen wird, das den Abgasfluß bewirkt; wobei genannte Luft/Kraftstoffmessung genutzt wird, um die theoretische Kohlenstoffkonzentration des unverdünnten Auspuffgases zu ermitteln, und wobei anschließend diese theoretische Gesamtkohlenstoffkonzentration in Relation gesetzt wird zu der gemessenen Kohlenstoffkonzentration für die Gasart in der Probe, um den notwendigen Korrekturfaktor zu erhalten.

35

2. Verfahren nach Anspruch 1, in welchem die Ableitung von Schritt (a) mittels einer Vakuumpumpe durch-

geführt wird, welche im Fluß unterhalb des ersten Probeflusses und des Einlasses zum zweiten Probefluß angeordnet ist.

5 3. Verfahren nach Anspruch 2, in welchem genannte Vakuumpumpe einen Ableitungsdruck von 15-35 mbar bewirkt.

10 4. Verfahren nach Anspruch 1, in welcher genannter Verdünner in Schritt (b) Trockenstickstoff oder Luft ist, welcher bei ungefähr Raumtemperatur zugeführt wird.

15 5. Verfahren nach Anspruch 1, in welchem die Zuführung von Verdünner in den Probefluß in Schritt (b) auf einen Massenfluß von 30 l/min geregelt wird.

20 6. Verfahren nach Anspruch 1, in welchem in Schritt (c) der Druck dadurch geregelt wird, daß der erfaßte Druck mit dem gewünschten-Druck Referenzsignal verglichen wird und indem die Differenz als Indikator verwendet wird, um den Fluß zu regulieren, um den gewünschten Druck zu erreichen.

25 7. Verfahren nach Anspruch 6, in welchem genannter Druck von genanntem zweiten Probefluß innerhalb eines Toleranzbereiches von $\pm 0,1\%$ geregelt wird.

30 8. Verfahren nach Anspruch 1, bei welchem genannter Druck von genanntem zweiten Probefluß elektronisch geregelt wird.

35 9. Verfahren nach Anspruch 8, bei welchem die Vorrichtung für die elektronische Regelung einen elektronischen Drucksensor nutzt, um den absoluten Druck des Probeflusses zu messen, wobei ein Signal des Sensors

verstärkt und gleich- und entgegen einem Referenz-
drucksignal bei Null gesetzt wird, und wobei die Dif-
ferenz zwischen genannten Drucksignalen zum Betrieb
eines Transistors benutzt wird, welcher wiederum eine
5 Spule der Flußregelung mit Strom versorgt.

10 10. Verfahren nach Anspruch 1, in welchem der zweite
Probefluß in einem Verhältnis von etwa 10:1 verdünnt
wird.

15 11. Verfahren nach Anspruch 1, bei welchem genannter
Abgasfluß von einer Verbrennung eines mit fossilem
Kraftstoff betriebenen Motors stammt, welcher eine
Luft/Kraftstoffregelung aufweist, und wobei in Schritt
(e) Luft/Kraftstoff durch einen Analysator gemessen
wird, der eine Lambdage nauigkeit von $\pm 0,003$ hat.

20 12. Verfahren nach Anspruch 1, bei welchem der Druck
von genannter verdünnter Probe auf etwa 933 mbar gere-
gelt wird.

25 13. Vorrichtung zur Gasanalyse eines aus mehreren
Bestandteilen zusammengesetzten Abgasflusses, welcher
besteht aus:

30 (a) Einrichtung (10) zur Ableitung durch Ansaugen
eines Probeflusses von dem Abgasfluß, der von einem
Verbrennungsmotor ausgestossen wird, wobei der Probe-
fluß mit einem massekontrolliertem Verdünner verdünnt
wird, um die Kodensationstemperatur der Gasprobe auf
unterhalb Raumtemperatur zu senken;

(b) Einrichtung (15) zur Regelung des Drucks des
verdünnten Probeflusses auf einem Niveau von etwa 933
mbar;

35 (c) FTIR-spektrometrische Einrichtung (16) zur Mes-
sung der Konzentration jeder gewünschten Gasart inner-
halb genannten Probeflusses; und (d) Einrichtung (17)
zur Korrektur der Konzentrationsmessung, welche die

Verdünnung berücksichtigt, um die entsprechende Konzentrationsmessung der unverdünnten Auspuffabgase abzuleiten, wobei die Korrektur durch die Messung des tatsächlichen Luft/Kraftstoffverhältnisses bestimmt wird, um eine theoretische Kohlenstoffkonzentration in unverdünntem Gas zu erhalten, und durch das anschließende in-Relation-setzen einer solchen theoretischen Gesamtkohlenstoffkonzentration zu der gemessenen Kohlenstoffkonzentration für die Gasart, um den notwendigen Korrekturfaktor zu erhalten.

14. Vorrichtung nach Anspruch 13, in welcher genannte Einrichtung zur Ableitung eine Probeleitung umfaßt, eine unter Druck stehende Verdünnerquelle und eine Massenflußregelung zur Einleitung des Verdünners in die Probeleitung.

15. Vorrichtung nach Anspruch 14, welche zusätzlich einen Filter umfaßt, welcher Partikel aus genanntem Gasfluß vor Eintritt in die FTIR-Einrichtung herausfiltert.

16. Vorrichtung nach Anspruch 13, bei welcher genannte Druckregleinrichtung einen Sensor für den absoluten Druck umfaßt, ein Ventil, das auf das Signal des genannten Drucksensors reagiert, sowie eine Flußregelung, die auf genannten Ventilregelkreis reagiert.

17. Vorrichtung nach Anspruch 13, bei welcher genannte Korrekturvorrichtung einen Luft/Kraftstoffanalysator umfaßt, um das Luft/Kraftstoffverhältnis innerhalb einer entnommenen Probe von genanntem Gasfluß genau zu messen, sowie einen Computer zum Vergleichen von Messungen der genannten FTIR-Einrichtung mit der Luft/Kraftstoffmessung, um einen Korrekturfaktor zu erhalten.

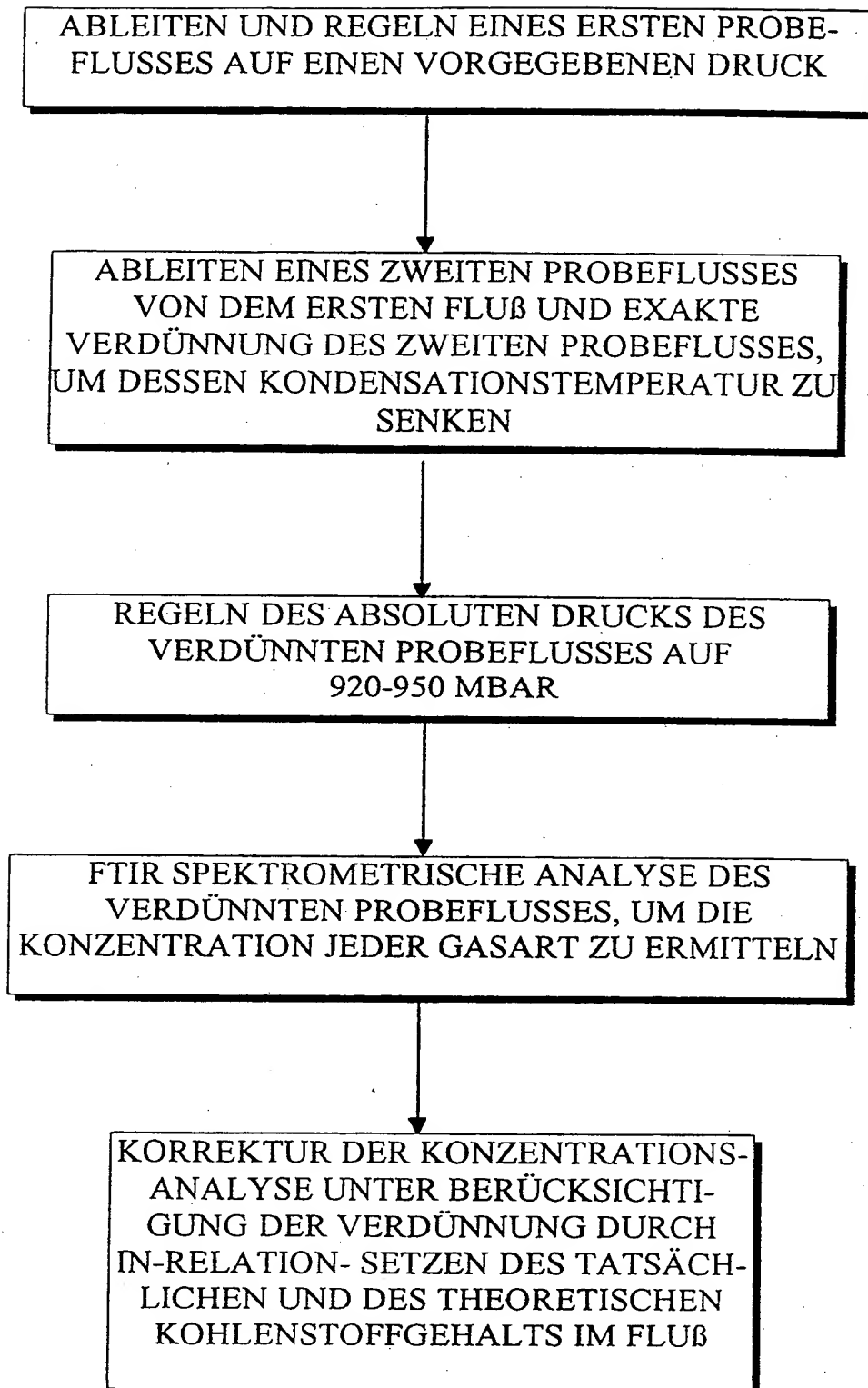
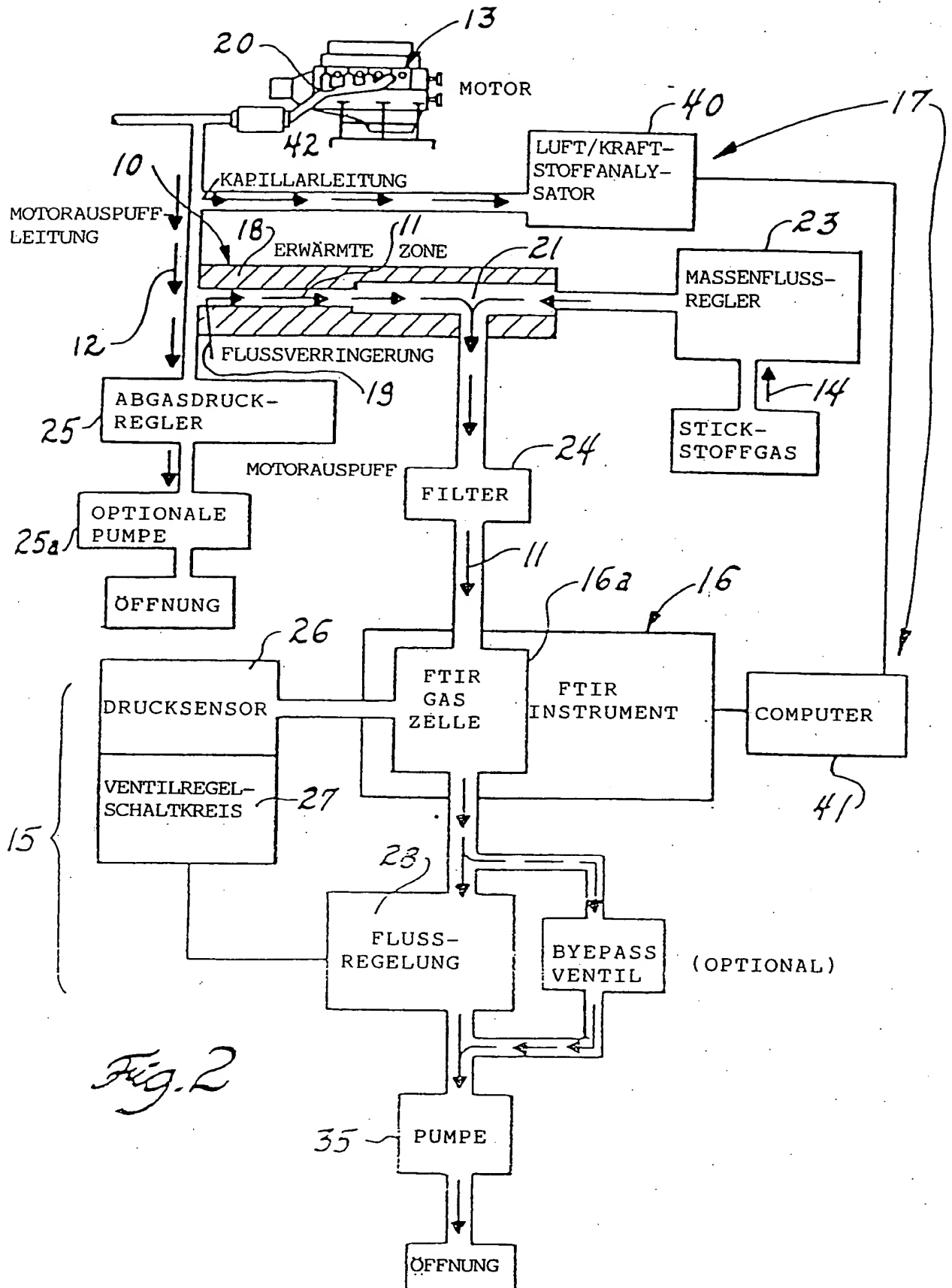
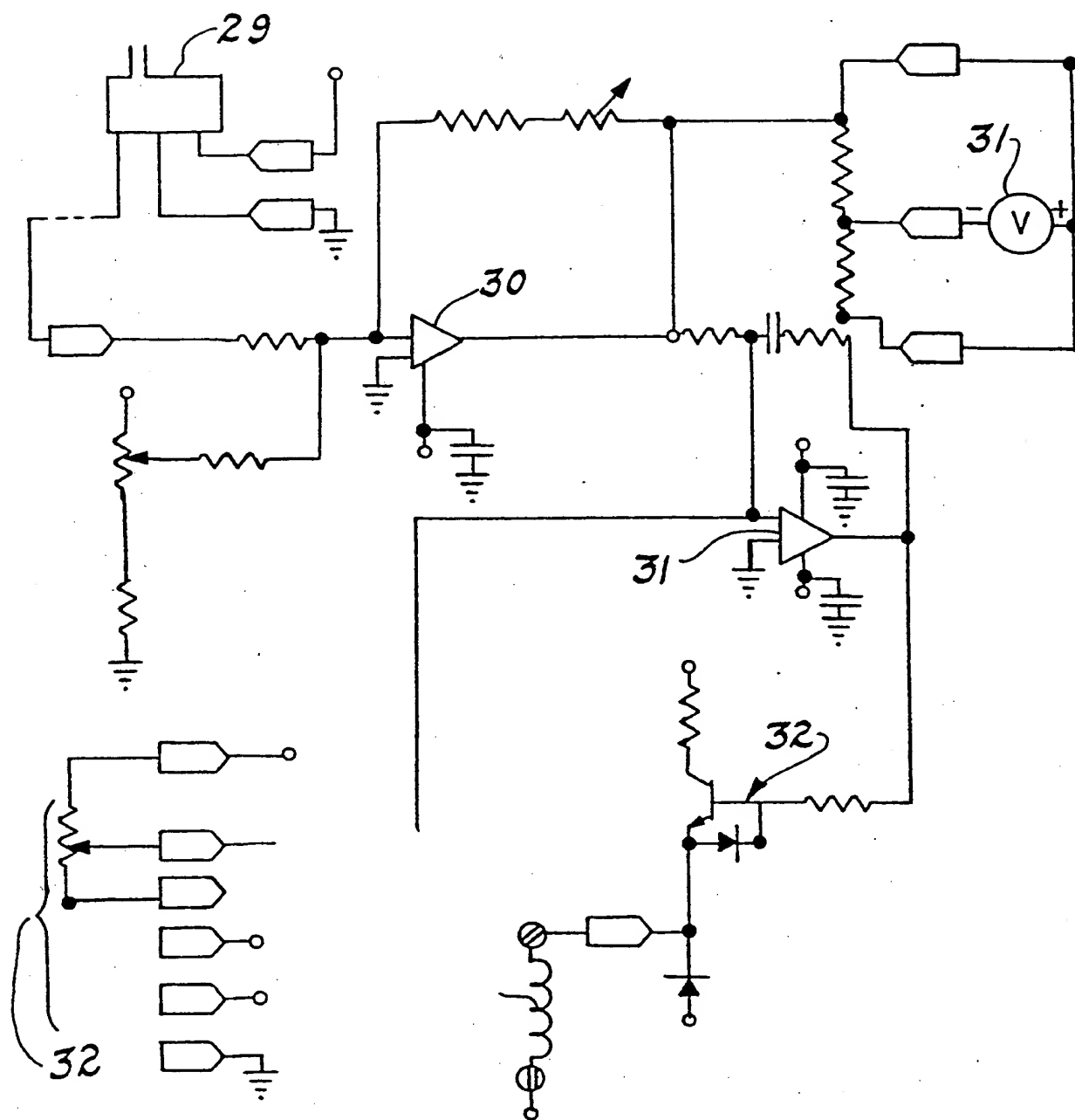


Fig. 1

2 / 3



*Fig. 3*